



Study on Ultra-Light Thermal Systems for Ultra-Small Deep Space Probes

著者	Szasz Bianca Adina
発行年	2016-09-23
その他のタイトル	超小型深宇宙探査機のための超軽量熱制御システムに関する研究
学位授与番号	17104甲工第425号
URL	http://hdl.handle.net/10228/5890

氏 名	Bianca Adina SZASZ (ルーマニア)
学位の種類	博 士 (工学)
学位記番号	工博甲第 4 2 5 号
学位授与の日付	平成 2 8 年 9 月 2 3 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Study on Ultra-Light Thermal Systems for Ultra-Small Deep Space Probes (超小型深宇宙探査機のための超軽量熱制御システムに関する研究)
論文審査委員	主 査 教 授 奥山 圭一 " 趙 孟佑 " 小森 望充 " 赤星 保浩 准教授 豊田 和弘

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

太陽系や惑星の進化、ならびに生命の起源の解明などを目的として、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) や米国航空宇宙局 (NASA) ならびに欧州宇宙機関 (ESA) などの国家宇宙機関は深宇宙探査を行ってきた。しかしながら、大学や民間企業が深宇宙探査を行った前例はない。大学による深宇宙探査機の開発技術の確立は、大学単独で月や火星、木星、タイタンといった他天体の開発につなげることができるのでたいへん重要である。

深宇宙、特に他天体を開発する際、大学は一般的に JAXA や NASA, ESA の深宇宙通信ネットワークを利用できない。このため、大学単独で深宇宙通信を行う技術の確立は重要である。また、大学が開発する深宇宙探査機は質量 5 0 k g 以下の超小型タイプであり、これは十分な質量や電力、サイズの余裕を持つことができない。超小型の深宇宙探査機は、超軽量でかつ自律的に電力や通信、軌道、姿勢、内部温度を制御できる機能を持たなければならない。

さらに、天体表面を調査するためには、これら天体の大気に突入することが求められる。この際、探査機の膨大な運動エネルギーは熱エネルギーに変化するので、探査機は猛烈な空力加熱環境に曝される。木星大気に突入した NASA のガリレオプローブの空力加熱率は約 3 0 0 MW/m² で、これは米国スペースシャトルの加熱率の 4 0 0 倍以上である。超小型深宇宙探査機のための超軽量の熱防御システムの確立もまた重要である。本研究では、超軽量熱防御材 LATS (Light-weight Ablator Series for Transport Vehicle Systems) を試作し、その熱防御性能を詳しく調べた。

上記を踏まえ、ここでは超小型の深宇宙探査機のための超軽量熱制御システムについて研究し、その成果は博士論文としてまとめられた。

博士論文は5章からなり、第1章では超小型探査機による深宇宙探査の重要性、必要性を述べている。具体的に、超小型深宇宙探査機を開発する際の技術課題として、熱制御システムと熱防御システムをあげた。

第2章では、まず超軽量熱防御材 LAT の熱機械特性、熱化学特性について詳述している。次に、LATS が JAXA の小惑星探査機「はやぶさ」、NASA の木星探査機「ガリレオ」に採用された高密度熱防御材と比較でき得る性能を有していること、さらにこの材料が超小型の深宇宙探査機の超軽量熱防御システムに適用でき得ることを明らかにしている。

超小型の深宇宙探査機の質量やサイズは厳しく制限されるので、軌道制御のための推進機や燃料、センサ、通信機などを搭載できない。超小型深宇宙探査機は、自律的に軌道を制御しなければならない。また、コンピュータの能力も制限されるので、超小型深宇宙探査機は、簡易的で比較的高精度の軌道制御手法、自律的な熱制御手法を採用しなければならない。第3章では、超小型探査機のための軌道予測手法と自律的な熱制御手法について述べている。これらは、深宇宙通信実験機「しんえん2」に適用されており、「しんえん2」は2014年12月にH2Aロケットで打上げられた。深宇宙を飛行中の「しんえん2」は様々な測定データを地球に送信しており、第4章では、これら測定データから熱制御手法が妥当であることを述べている。

第4章では LATS 材の熱防御性能について詳しく述べている。ここでは、LATS 材をドイツの宇宙研究所 (DLR)、日本の JAXA、超高温材料研究センター (JUTEM) の高エンタルピー気流で加熱し、熱化学的な表面損耗と質量損耗、ならびに表面と内部の温度変化を取得した。これら試験結果から、LATS が地球や他惑星の大気を高速で飛行する探査機の熱防御材として使用できることを明らかにした。

第5章は、第1章から第4章までの研究成果に基づいて超小型深宇宙探査機の超軽量熱制御システムについてまとめており、将来、大学による超小型探査機のある一つの姿を提案している。

学位論文審査の結果の要旨

上記の論文に対して審査を行い、本研究が超小型の深宇宙通探査機超軽量の熱制御システムの開発に大きく貢献したことが認められた。審査会、公聴会において、超小型深宇宙探査機の開発のための技術課題、超軽量熱防御システム、自律的な熱制御システムならびに軌道予測手法についての様々な質問にも適切に対処した。

さらに、本博士論文ならびに査読付き雑誌論文、国際会議論文の作成の過程において、本人の高い研究能力が証明されたので、本人が博士号を授与されるのに相応しい素養を

身に付けていると判断した。以上により，論文審査および最終試験の結果に基づき，審査委員会において慎重に審査した結果，本論文が博士（工学）に学位に充分値するものと判断した。